

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ РЕСУРСОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

Русакова Т.І.

Дніпровський національний університет імені О. Гончара, д,т,н, професор, Україна

Анотація. У сучасному промисловому середовищі інформаційні системи відіграють ключову роль у забезпеченні раціонального використання ресурсів. Вони сприяють автоматизації управлінських процесів, здійсненню моніторингу в реальному часі та глибокому аналізу даних, що дозволяє підприємствам ефективніше розпоряджатися енергетичними, водними та сировинними ресурсами. Завдяки цьому знижується рівень витрат, удосконалюються виробничі процеси, зменшується кількість відходів, а також підвищується якість продукції й загальна продуктивність. Окрім економічних переваг, такі системи сприяють зменшенню шкоди для довкілля, підтримуючи принципи сталого розвитку. Водночас упровадження інформаційних рішень вимагає значних фінансових ресурсів, грамотної інтеграції з наявними технологічними платформами та належного рівня підготовки персоналу. Для досягнення результативності необхідне комплексне стратегічне планування, активна участь керівництва та поступова трансформація корпоративної культури.

Ключові слова: інформаційне забезпечення, ресурсоефективне виробництво, ресурсозбереження, прогнозування, проєктування

У теперішній час, коли екологічні проблеми набувають усе більшого загострення, а ринкова конкуренція зростає, перед промисловими підприємствами постають нові виклики. Ці виклики вимагають не просто модернізації, а кардинального переосмислення підходів до управління ресурсами. Ефективність виробництва більше не зводиться лише до економії, вона повинна стратегічно змінити підходи щодо викликів сталого розвитку з урахуванням суворих норм екологічного законодавства.

Одним із головних чинників, що впливає на рівень ресурсоефективності стає впровадження інноваційних інформаційних систем управління. Завдяки цим системам підприємства отримують можливість точно та своєчасно контролювати всі етапи виробничого процесу. Такі рішення забезпечують збір великого обсягу даних із великої кількості джерел, починаючи від сенсорів на обладнанні до показників споживання енергії, води та сировини.

Після збору даних вони проходять глибоку обробку за допомогою сучасних аналітичних інструментів, що дозволяє виявляти приховані закономірності, впроваджувати більш оптимальні технологічні складові, скорочувати втрати та запобігати технічним збоям.

Крім того, інформаційні технології дозволяють зробити прийняття управлінських рішень більш прозорими. Керівники мають змогу оперувати достовірною інформацією в режимі реального часу, що значно підвищує ефективність стратегічного планування та дає змогу швидко адаптуватися до змін, дотримуючись екологічних вимог.

Таким чином, інформаційні технології стають потужним інструментом переходу до ресурсоефективного виробництва, що поєднує економічну вигоду, технологічну досконалість і відповідальне ставлення до довкілля.

Зокрема, використання інформаційних систем дозволяє підприємствам розв'язувати три ключові завдання [1–4]:

1. Забезпечення постійного моніторингу ресурсів – контроль витрат енергії, води та сировини в реальному часі;
2. Глибокий аналіз ефективності виробничих процесів – виявлення слабких місць і технічних недосконалостей;
3. Оптимізація планування – формування стратегій для зменшення витрат і підвищення загальної продуктивності

Опитування та експрес-анкетування головних інженерів, технологів та енергетиків підприємств різних галузей виробництва дозволило виділити п'ять основних, найбільш важливих процесів, що реально забезпечують моніторинг споживання ресурсів.

По-перше, на всіх ключових точках споживання ресурсів, наприклад, на виробничому обладнанні, у водопроводах, на лініях подачі сировини, встановлюються датчики, які фіксують обсяги використаних ресурсів. Для енергії – лічильники електроенергії, тепла, газу; для вода – витратоміри, датчики тиску, рівня; для сировини – вагові системи, датчики обсягу, рівня у бункерах та складах.

По-друге, передача даних в інформаційну систему проводиться так, що дані з усіх сенсорів передаються в централізовану систему моніторингу, наприклад, через протоколи OPC, Modbus, MQTT або Wi-Fi у випадку бездротових мереж. Найчастіше для цього використовуються: SCADA – системи Supervisory Control and Data Acquisition, що відображають стан ресурсоспоживання у реальному часі; MES-системи, що інтегрують ці дані у виробничий процес.

По-третє, візуалізація та аналітика даних дає кращий результат, коли зібрані дані відображаються на інтерактивних панелях, діаграмах, графіках або в таблицях. Вони показують, скільки кВт год спожито кожною виробничою лінією за зміну, де відбулося перевищення допустимих норм споживання води, скільки сировини витрачено на виробництво однієї одиниці продукції. Це дозволяє оперативно виявляти аномалії, витоки, перевитрати або збої.

По-четверте, автоматизоване управління та попередження відбувається так, що система може бути запрограмована на автоматичну реакцію. При перевищенні ліміту споживання енергії система може знизити потужність окремих установок, а також надіслати повідомлення відповідальному із обслуговуючого персоналу (SMS, email, сповіщення в системі).

По-п'яте, зберігання та аналіз даних, їх архівація дозволяє вести звіти про споживання ресурсів по періодах (день, місяць, рік). А також можна здійснювати енергетичний аудит, будувати прогнози за допомогою аналітично-статистичної обробки даних.

Це дає змогу підприємствам зменшувати втрати, оптимізувати споживання, а також відповідати сучасним вимогам енергоефективності та екологічного менеджменту.

Аналіз ефективності виробничих процесів – один із ключових етапів у впровадженні ресурсоефективного виробництва. Він повинен проводитися з метою виявлення вузьких місць та неефективностей виробництва. Респонденти виділяють шість найважливіших етапів такого аналізу:

1. Аналіз даних, які надходять з виробничих ділянок, повинен визначати час виконання кожного етапу процесу, обсяги використаних ресурсів, таких як

енергії, сировини, води. Аналіз повинен включати оцінку продуктивності обладнання, кількості бракованої продукції, простоїв та зупинок обладнання. Дані можуть надходити у MES- або SCADA-системи, де автоматично фіксуються та зберігаються.

2. Інформація може бути проаналізована за допомогою VSM цифрової моделі, що показує рух матеріалів і інформації від початку до кінця процесу та моделі Digital Twin, що віртуально створює копію фізичного процесу для моделювання запропонованих змін.

3. Одночасно потрібно виявляти «вузькі місця», ділянки, які уповільнюють весь процес. Такі місця визначаються за допомогою часових графіків, які відображають надмірну тривалість виконання або черги, а також ОЕЕ-аналізу, що фіксує втрати по трьох складових, таких, як доступність, продуктивність і якість.

4. Важливим є процес ідентифікації неефективностей, які можуть бути різного типу. Перевитрати енергії виникають внаслідок експлуатації старого обладнання, яке споживає більше ніж потрібно енергії. Велика кількість простоїв, що виникають через неузгоджену логістику або поломки. А також брак і перевиробництво, високі втрати сировини або матеріалу. Це все виявляється за допомогою аналітики даних, а також інструментів типу Pareto-аналізу, що визначає головні джерела втрат.

5. Для більшої наочності та зрозумілості, результати проведеного вище вказаного аналізу потребують візуалізації, що забезпечується зображенням графіків навантаження обладнання, а також діаграмами відхилень у витратах ресурсів, індикаторами, що включають ключові показники ефективності.

6. На основі отриманої інформації розробляються рішення для оптимізації, що включають, як заміну обладнання та перебудову логістики, так і зміну технологічного процесу та автоматизацію повторюваних операцій.

Інформаційні системи допомагають *оптимізувати* планування для підвищення ресурсоефективності на підприємствах. Респонденти виділяють п'ять основних складових даного процесу.

1. Централізоване планування на основі отриманих даних включають інформаційні системи (ERP, MES, APS), що збирають дані з усіх підрозділів підприємства – виробництва, складу, закупівель, енергетики. Це дозволяє бачити реальні обсяги ресурсів, їх наявність і споживання, а також формувати збалансовані виробничі графіки та уникати перевиробництва і простоїв.

2. Моделювання сценаріїв і їх симуляція проводиться за допомогою системи підтримки прийняття рішень (DSS), що дозволяє змоделювати різні сценарії планування. А саме, що буде, якщо зменшити споживання енергії на 12%? Як вплине на витрати зміна постачальника сировини? Який графік мінімізує простої? Це допомагає вибрати найефективнішу стратегію.

3. Динамічне планування у реальному часі можливе за участі сучасних інформаційних систем, що дозволяють швидко коригувати план у разі відсутності сировини, поломки, зміни замовлення, а також застосовувати алгоритми оптимізації для зниження енерговитрат у нічні години.

4. Аналіз витрат та прогнозування також виконують інформаційні системи. Вони здійснюють фінансовий аналіз витрат ресурсів та прогнозування споживання ресурсів. Вони також виявляють неефективності у розподілі часу, енергії, праці.

Це допомагає сформувати стратегії економії, тобто відтворити перехід на енергоефективне обладнання, закупівлю більш якісної сировини.

5. Контроль досягнень стратегічних цілей можна провести за допомогою ключових показників ефективності KPI. За даними показниками оцінюється ефективність стратегії, а саме, обсяги споживання ресурсів на одиницю продукції, загальні енергетичні витрати, а також продуктивність обладнання, її собівартість, якість і затримка процесу. Це дозволяє коригувати стратегії в динаміці.

Із аналізу проведених досліджень [1-4] можна виділити основні *переваги* впровадження інформаційних систем на підприємстві у контексті ресурсоефективного виробництва. До найбільш суттєвих переваг відноситься зниження витрат, підвищення продуктивності і покращення якості продукції.

Зниження витрат відбувається за рахунок виконання наступних дій:

- оптимізації використання ресурсів, так як інформаційні системи допомагають точно планувати обсяги енергії, сировини та води, що мінімізує перевитрати;

- зменшення відходів, оскільки завдяки аналітиці та контролю виробничих процесів зменшуються втрати матеріалів, що також сприяє екологічності;

- раціоналізації логістики, планування транспортування, зберігання та постачання матеріалів відбувається ефективніше завдяки інформаційним системам, що скорочує витрати на логістику.

Підвищення продуктивності є наслідком:

- автоматизації рутинних процесів, так як роботизація та автоматичне керування знижують навантаження на персонал і підвищують швидкість виконання операцій;

- зменшення простоїв, так як системи моніторингу дозволяють швидко виявляти поломки або відхилення, що забезпечує безперервність виробництва;

- оптимізації графіків виробництва, оскільки завдяки системам планування ресурси використовуються рівномірно, без перевантажень.

Покращення якості продукції досягається завдяки:

- постійному моніторингу параметрів, так як системи відстежують температуру, тиск, вологість, склад сировини тощо, що допомагає підтримувати стабільну якість;

- своєчасному виявленню дефектів, оскільки алгоритми контролю якості одразу реагують на відхилення та запобігають випуску бракованої продукції;

- трасуванню продукції, так як ІТ-системи дозволяють відстежити шлях кожного виробу, а саме від сировини до готового продукту, що підвищує довіру клієнтів.

Підприємства під час впровадження інформаційних систем у виробничій сфері стикаються і з *різними викликами та обмеженнями*: високі інвестиції; необхідність навчання персоналу; інтеграція з існуючими системами.

Високі початкові інвестиції включають:

- фінансові витрати на обладнання та програмне забезпечення, оскільки придбання серверів, ліцензійного ПЗ, датчиків, контролерів та іншого обладнання, що може становити значну суму, особливо для середніх і малих підприємств;

- витрати на налаштування, так як інформаційні системи потребують адаптації до специфіки підприємства, що вимагає додаткових витрат на програмування та технічну підтримку;

- тривалий термін окупності, тому що ефект від впровадження може бути відчутним лише через кілька місяців або навіть років.

Необхідність навчання персоналу включає:

- недостатній рівень цифрової грамотності, так як співробітники, особливо з технічних або виробничих підрозділів, можуть мати обмежений досвід роботи з IT-розробками.

- потребу в безперервному навчанні, тому що IT-системи оновлюються, тому потрібно регулярно оновлювати знання персоналу, проводити тренінги та сертифікацію.

- неприйняття змін, оскільки дуже часто співробітники бояться автоматизації, сприймаючи її як загрозу своїм робочим місцям;

Не менш важливою є поєднання, включення, тобто інтеграція в існуючі системи. Інтеграція торкається наступного:

- технічної несумісності, коли старе обладнання або програмне забезпечення може не підтримувати сучасні протоколи обміну даними, що ускладнює інтеграцію;

- подвійного ведення обліку, так як на початкових етапах можуть виникати ситуації, коли інформацію доводиться дублювати в старій та новій системах;

- проблем з безпекою даних, оскільки при об'єднанні кількох систем зростають ризики втрати або витоку важливої інформації.

Також виділяють інші можливі виклики впровадження інформаційних систем в ресурсоефективне виробництво. а саме: залежність від постачальника; масштабування; неоднозначні результати впровадження.

Висновки. Інформаційні системи відіграють важливу роль у підвищенні ресурсоефективності виробництва, сприяючи оптимізації процесів, зниженню витрат та мінімізації впливу на довкілля. Проте успішне їх впровадження вимагає ретельного планування, значних інвестицій та підготовки персоналу. З огляду на глобальні тенденції до цифровізації та зростаючу потребу в екологічно відповідальному виробництві, використання інформаційних технологій стає невід’ємною складовою конкурентоспроможного підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kolawole, O.M., Otiko, A.O., Akpotuzor, S.A. & Abdulsalam, N. (2025). IoT-Enabled Energy Management Monitoring System for Sustainable Resource Optimization. *British Journal of Computer, Networking and Information Technology*, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.52589/bjcnit-kj95augm>
2. Abbas, S., Khan, M.A., Falcon-Morales, L.I., Rehman, A., Saeed, Y. & Zareei, M. (2020). Modeling, Simulation and Optimization of Power Plant Energy Sustainability for IoT Enabled Smart Cities Empowered With Deep Extreme Learning Machine, *IEEE Access*, 8, 39982–39997. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2976452
3. Khan, M.I., Yasmeen, T., Khan, M., Hadi, N., Ul, Asif, M., Farooq, M. & Al-Ghamdi, S. G. (2025). Integrating industry 4.0 for enhanced sustainability: Pathways and prospects, *Sustainable Production and Consumption*, 54, 149–189. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.12.012>
4. Aljohani, A.(2024). Deep learning-based optimization of energy utilization in IoT-enabled smart cities: A pathway to sustainable development, *Energy Reports*, 12, 2946–2957, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.08.075>

INFORMATION SUPPORT IN ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES

Tetiana Rusakova

Abstract. *In the modern industrial environment, information systems play a key role in ensuring the rational use of resources. They contribute to the automation of management processes, real-time monitoring and deep data analysis, which allows enterprises to manage energy, water and raw materials more efficiently. This reduces costs, improves production processes, reduces waste, and increases product quality and overall productivity. In addition to economic benefits, such systems help reduce environmental damage, supporting the principles of sustainable development. At the same time, the implementation of information solutions requires significant financial resources, competent integration with existing technological platforms and an appropriate level of staff training. To achieve effectiveness, comprehensive strategic planning, active*

participation of management and a gradual transformation of corporate culture are necessary.

Keywords: *information support, resource-efficient production, resource conservation, forecasting, design*

REFERENCE

1. Kolawole, O.M., Otiko, A.O., Akpotuzor, S.A. & Abdulsalam, N. (2025). IoT-Enabled Energy Management Monitoring System for Sustainable Resource Optimization. British Journal of Computer, Networking and Information Technology, 8(1), 1–14. <https://doi.org/10.52589/bjcnit-kj95augm>
2. Abbas, S., Khan, M.A., Falcon-Morales, L.I., Rehman, A., Saeed, Y. & Zareei, M. (2020). Modeling, Simulation and Optimization of Power Plant Energy Sustainability for IoT Enabled Smart Cities Empowered With Deep Extreme Learning Machine, IEEE Access, 8, 39982–39997. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2976452
3. Khan, M.I., Yasmeen, T., Khan, M., Hadi, N., Ul, Asif, M., Farooq, M. & Al-Ghamdi, S. G. (2025). Integrating industry 4.0 for enhanced sustainability: Pathways and prospects, Sustainable Production and Consumption, 54, 149–189. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.12.012>
4. Aljohani, A.(2024). Deep learning-based optimization of energy utilization in IoT-enabled smart cities: A pathway to sustainable development, Energy Reports, 12, 2946–2957, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.08.075>